

熱併合發電에 대하여

廢熱의
蓄熱器



楊 高 鉉
(韓國熱管理協會 技術理事)

熱併合發電이란 단어 자체가 우리에게는 다소 생소한 것으로 안다. 그러나 우리의國內外 에너지 與件 등을 살펴볼때 보다 關心을 갖고 熱併合發電의 重要性과 擴大 普及하여야 할 當爲性을 認識하여야 한다. 이 熱併合發電은 원래 에너지 利用을 極大化시키는 Total Energy System을 適用하는 方式으로 Combined Heat and Power Production 또는 Co-generation 이라 일컫는 것을 우리는 熱併合發電이라 表記하며 日本에서는 熱併給發電이라고 한다.

먼저 國內外 에너지 사정과 이용에 대하여 알아보기로 하자.

1973년 에너지 波動 以後 世界의 先進國들은 계속하여 에너지 問題를 심각히 다루고 있으며 권위있는 각종 기관의 에너지 관계 보고서에 1차에너지의 비중이 가장 큰 석유의 供給不足 現象이 서기 2000년 以前에 到來될 것으로 展望하고 있다. 석유의 총매장량은 1조2천억~2조3천억 배럴로 추정되고 있으며 확인된 可採량은 5,473억~6,443억 배럴 정도이며 이중 65

%가 中東地域에 편재되어 있고 自由 世界는 세계 총매장량의 약 85%를 保存하고 있다. 共產圈을 제외한 自由世界의 1차 에너지의 수요는 1972년의 석유가 1일 44.1백만 배럴에서 2,000년에는 92.6백만 배럴로 2.1배로 늘어나며 천연가스는 1.83배, 원자력은 28배, 석탄은 2.7배로 각각 그 消費가 늘어날 것으로 豫測되고 있다. 우리나라와 같은 非產油開發途上國의 에너지 수요는 급증하여 1972년도에 비하여 3.3~4.8배가 늘어난 27~38백만 배럴/일의 에너지가 소비될 것으로 전망되고 있다.

아무튼 이 石油의 消費는 경제성장률, 에너지 정책 및 代替에너지, OPEC의 생산량 조절 등에 따라 짧게는 1983년경에 絶對的인 石油 不足現象이 올 것으로 豫期되고도 있다.

특히 우리나라는 3차에 걸친 經濟開發計劃의 성공으로 輸出主導型 産業國이 되었으나 에너지로 가공된 主·副原料와 1차 에너지를 대부분 海外에 의존하고 있는 실정이며, 에너지 수요 증가율은 세계 에너지 수요 증가율의 2배가 넘고 있으며 1차에너지 중 석유류 輸入代金도

총수출액의 약 1/3線에 달하고 있다. 특히 에너지의 不足은 成長一路의 우리나라 經濟에 큰 위협적인 존재로 등장하고 있다. 따라서 經濟 성장에 대응한 長期에너지 대책의 수립과 강력한 추진이 필요하다. 이 방법은 크게 3가지로 압축될 수 있다.

즉, ① 에너지 利用의 合理化와 消費節約 ② 석유 공급의 安定確保 ③ 석유 대체 에너지의 開發과 利用促進이다.

먼저 우리나라의 에너지 흐름에 대해서 알아 보자.

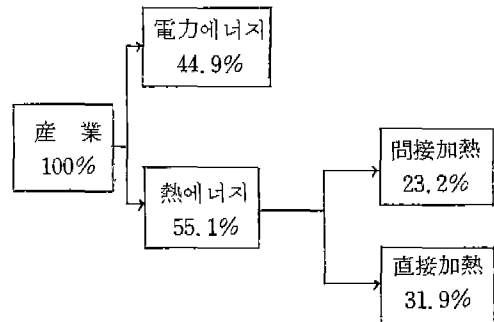
아래 표에서와 같이 우리나라 총에너지는 産業이 33.2%, 發電이 20.3%, 住居가 28.3%, 輸送이 10.6%, 其他가 7.6%로 되어 있다. 産業과 發電이 전체의 55.5%를 차지하고 있으며 發電의 14.4%가 산업 부문으로 들어가므로 실제로 산업 부문의 에너지 수요는 전체의 47.5%로 약 반에 해당되고 있다. 住居부문은 대부분 구멍탄에 의존하고 있으며 熱效率이 낮아 使用比重이 매우 높게 示顯되고 있다.

熱併合發電은 ① 산업용 自家發電 ② 산업용 自家發電과 地域冷暖房 ③ 地域冷暖房 ④ 公共 및 大型건물 등으로 크게 4분되고 있으며

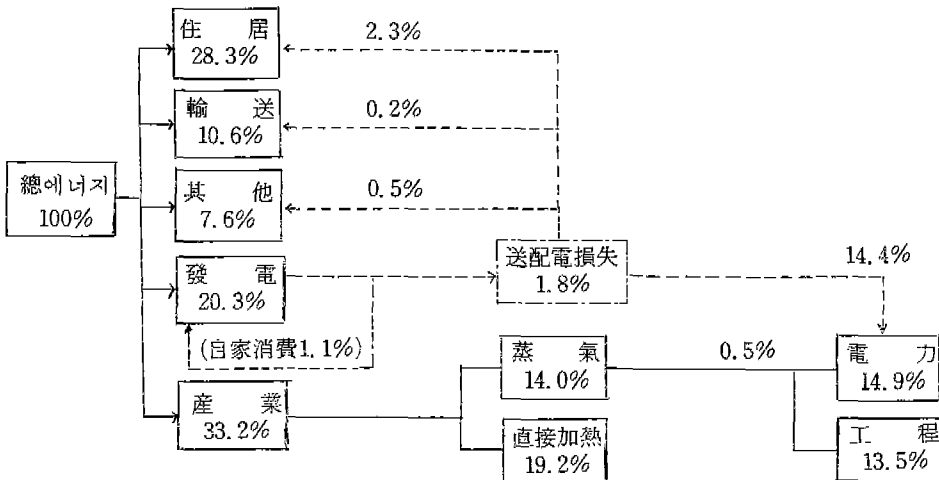
利用열효율이 높고 적용 범위가 産業, 發電, 住居部門으로 전체의 81.8%나 되고 있다.

특히 西歐地域은 熱併合發電과 地域煖房으로 住居部門에서 상당한 熱節減과 公害減少에 큰 效果를 보고 있다. 특히 煖房日이 200日 以上이 넘는 우리나라에서도 그 效果가 클 것으로 예상되며 諸般 적용 조건이 타당한 것으로 알려지고 있다.

그러면 총에너지의 47.5%에 해당되고 있는 發電과 産業部門에 대하여 알아보자. 이 부문의 에너지 관리는 매우 중요하다. 産業體의 에너지 消費構造는 다음과 같다.



産業은 크게 生産工程上 電氣에너지와 熱에너지가 동시에 필요하게 된다. 電力은 거의 韓電(株)에서 買電하여 電動기, 전열, 조명 등에



熱併合發電에 對하여

이용하며 44.9%의 비중을 갖고 있다. 나머지 55.1%의 熱에너지는 産業體에서 연료(주로 방카-C油)를 구입하여 얻고 있으며 直接加熱은 가열로, 킬른 등에서 연소열을 직접 이용하고 있다. 間接加熱은 주로 보일러에서 증기를 발생시켜 生産工程 및 暖房 등에 이용하고 있다.

여기서 에너지 使用效率를 잠깐 살펴보기로 한다. 일반적으로 商用發電所의 再熱사이클을 이용하여 40%의 發電效率를 실제로 最大值에 運轉되고 있다.

電力은 所內動力을 포함하여 32.5% 정도의 發電效率를 나타내고 送電損失(약 9.3%)을 고려하면 需用家(工場側)에서의 전기효율은 29.5%로 떨어진다. 발전소의 열손실은 일반적으로 보일러 10%, 터어빈·發電機 3%, 復水器 49% 정도이다. 熱併合發電 시스템은 이 復水器의 損失熱량을, 대부분 또는 전부 産業工程이나 地域暖房의 熱源으로 100%까지 이용하자는 방식이다.

또한 産業體의 熱에너지중 間接加熱의 보일러效率는 평균 76.9%로 매우 낮게 示現되고 있으며 直接加熱效率는 38.8%로 나타나고 있으며 工場은 대부분 電力과 熱의 발생 및 利用 시스템이 二元化되어 있으며 이러한 시스템을 Non-Total Energy System이라고 한다.

동시에 電力 消費는 매년 增加一路에 있다.

그러면 熱效率를 極大化시킬수 있는 Total Energy System에 대해서 잠깐 알아보면 1개 工場에 여러가지 에너지(전력, 열等)가 필요할 때 單一源에서 동시에 발생, 공급시키는 시스템을 뜻하며 이 시스템은 「Onsite Energy System」 또는 「Cascade Energy System」이라고 한다. 이 시스템은 주로 發電時에 발생되는 多量의 排熱 또는 廢熱을 이용하는 熱併合發電

方式을 채택하고 있다. 이것은 증기터어빈, 가스터어빈, 디젤발전기, 원자력 발전으로 4분 되고 있으며 다음 [表 1]은 적용 방식별 조건, 대상, 이용 효율을 나타내고 있다.

[表 1]

發電方式	適用條件	適用對象	에너지利用率
① 증기터어빈	전력과 증기비가 알맞을 때	화학, 펄프, 제지, 식품, 제당, 섬유, 석유산업 및 지역냉난방, 대형 건물	70~88%
② 가스터어빈	전력 부하가 클 때	철강, 금속, 시멘트, 요업	60~83%
③ 디젤	전력 소비가 적고 열수 등이 필요할 때	미개발 지구, 소형 공장	60~83%
④ 원자력		로우엔트 플랜트 지역 냉난방	80%

副産電力(By-product Power)의 이용을 가장 極大化시키는 것은 가스터어빈으로 알려지고 있으나, 적용이 손쉬운 증기터어빈에 대하여 알아보자. 우리나라 産業의 23.2%를 차지하는 間接加熱을 이용하는 業種이 매우 많다. 이 工程에서는 多量의 蒸氣 熱源을 이용하며 壓力 5~20kg/cm²g 정도의 飽和蒸氣를 대부분 사용하고 있다. 증기표에 의하여 7kg/cm²g의 증기의 총열량은 660.9kcal/kg이며, 42kg/cm²g의 증기 총열량은 669.0kcal/kg임을 알 수 있다. 여기에서 증기 온도만 올리면 손쉽게 800kcal/kg 이상의 過熱蒸氣를 생산시킬 수 있다. 이와 같이 보일러의 압력과 온도를 올리고 터어빈에서 약 140kcal를 發電에 이용하고 약 660kcal는 工程熱源에 이용하는 熱併合發電方式을 채택할 때 플랜트의 열효율은 70~88%까지 높게 할 수 있다. 또한 이때 발생하는 電力은 곧 副産電力이 되는 것이다. 일반적으로 1kwh을 생

산하는데, 一般的으로 필요한 熱消費率은 1,100~1,200kcal/kwh 정도가 되고 있다. 그러나 商用電力은 2,900~3,100kcal/kwh가 되고 있다.

여기서 商用電力과 副産電力에 對하여 에너지 이용을 비교하여 보자. [表 2]

[表 2]

副産電力發生	전기로 이용된 에너지	공정용 증기로 이용된 에너지	폐열		
	전기로 이용된 에너지	공정용 증기로 이용된 에너지			
商用發電	전기로 이용된 에너지	폐 열			
	발 전 용 에너지				
	① 발전용 증기	② 공정용 증기	③ 비등점의 증기	④ 비등점의 물	⑤ 급수

商用發電所의 경우 給水를 ①점까지 끌어 올리기 위하여 보일러에서 이에 필요한 에너지를 공급해 주어야 한다. 그러나 發電機를 구동시키는 復水터어빈은 電氣를 만들기 위하여 점 ①과 ③사이의 에너지만을 이용할 수 있을 뿐이고 점 ③로부터 상당히 많은 양의 에너지를 주위에 내버려 給水레벨까지 거꾸로 떨어 뜨려야 한다. 副産電力의 경우 給水레벨부터 ②점까지 올리는데 증가한 에너지는 이미 工程이나 煖房 등에서 필요로 하는 알맞은 증기를 발생키 위하여 필요되고 있다. 이것은 왼쪽 끝 부문은 증기를 ①점까지 끌어올리는데 플러스된 에너지의 餘量인 것이다. ①로부터 ②까지의 에너지는 이제 電力生産에 이용되며 ②로부터 ④로 떨어지는 것은 증기로서 工程에 이용된다.

따라서 상대적으로 적은 廢熱이 발생될 수도 있고 없게 되기도 한다. 여기서 副産電力은 商用電力에 비하여 몇개의 有利한 가능성이 있는은 명백한 사실이다. 연료가 적게 소비되는 것은 必然的이며 환경의 熱公害 汚染에 따른 문제가 1/2정도로 감소된다.

容積의 크기나 運轉의 타일에 따라 資本的長點을 갖고 있으며 經濟性은 副産電力의 出力增加에서 쉽게 알수 있다. 따라서 熱併合發電은 商用發電보다 熱效率이 약 2~3배 증가하게 된다.

熱併合發電의 적용 효과는 다음과 같다.

① 燃料資源의 이용을 극대화함으로써 電力 1kwh 生産時 商用電力의 39.5%인 1,150kcal의 熱量만 소비하게 되어 國家的으로 연료 절감과 외화 절감의 효과가 크며 약 1/3의 에너지 소비 절감 효과를 나타내는 것으로 알려져 있다.

② 産業體의 에너지 經費가 25~35% 정도 감소되어 原價節減과 함께 商品의 국제 경쟁력을 강화시킬 수 있다.

③ 에너지 공급의 質과 安定性이 높아 稼動率의 提高, 生産損失의 減少등으로 工場의 생산성이 증가한다.

④ 韓電(株)의 電力豫備率의 증가와 함께 運轉 및 保全의 合理化, 送配電 손실의 감소에 기여할 수 있다.

⑤ 公害防止 효과와 함께 戰略的인 가치도 큰 것으로 나타내고 있다.

그러면 熱併合發電의 國內外 適用現況과 타당성에 對하여 言及하기로 한다.

일반적으로 증기터어빈을 적용한 熱併合發電은 25kw에서 300,000kw에 달하고 있으며, 1975

熱併合發電에 對하여

년의 전세계 熱併合發電量은 4,300억 kwh로서 전세계 發電量의 7%가 넘고 있으며 산업에 67%, 지역난방에 33% 사용한 것으로 보고되고 있다.

適用目的은 연료 절감의 경제적 이점, 공해 감소로 인한 환경 개선, 값비싼 경유나 가스에서 중유나 고체 연료, 폐기물, 원자력 등으로 연료를 代替할 수 있는 장점을 갖고 있는 것으로 되어 있다.

이 熱併合發電方式은 소련이 세계 최초로 개발, 이용을 촉진하여 熱併合發電 出力이 520,000MW나 되고 있으며 火力發電(商用)의 30.3%나 해당되고 있으며, 연료 절감과 공해 방지 등에 큰 효과를 보고 있는 것으로 알려지고 있으며, 영국, 독일, 덴마크, 핀란드, 루마니아 등 북구 제국은 평균 30~40%의 높은 구성비를 갖고 있는 실정이다. 이웃나라 日本도 산업체의 熱併合發電容量이 1,000万kw에 달하고 있다.

우리나라의 경우 熱併合發電은 매우 저조하다. 1977년말 원자력을 제외하고 商用 發電의 總出力은 5,790,180kw이며 산업체 10개 공장의 熱併合發電出力은 163,350kw로 商用發電의 2.8%에 해당되고 있다. 발전소 이용률은 60.2%로 商用의 52.4%보다 높게 示現하였고 年間 副産電力 발생량은 829,634MWH에 달하고 있다. 熱併合發電所의 열효율은 평균 69%이며 열소비율은 1086.3kcal/kwh로 나타내었으며, 所內動力은 평균 7%이며 發電單價도 직접비단 7²⁷/kwh이고, 이 효과를 산출해 보면 방카-C 油는 153,264kℓ로 1381.8万弗의 외화 절감효

과를 가져왔다. 이것은 出力 1,000kw 當 年間 1,618.4kℓ의 연료비가 절감되는 것을 나타낸다. 산업체의 에너지 경비절감 효과는 1,000kw 당 9,634.9만원으로 나타냈다.

실제로 발전소 建設單價는 \$ 330/kw~ 550/kw이며 施設投資에 대한 回收도 형식이나 용량, 이용률 등에 차이가 나고 있으나, 2.4~4.8년의 범위를 갖고 있어 경제성은 매우 높은 것으로 알려지고 있다. 공장 건설시의 투자 효과는 더욱 크고 受電의 시설 투자를 줄이는 효과도 뛰어나게 된다.

앞에서 언급한 바와같이 熱併合發電은 産業, 發電, 民需 부분에서 에너지 이용 효율을 극대화시킬 수 있고 공해 방지 등 여러 면에서 다목적 효과를 거둘 수 있어 이에 대한 확충과 보급 지원책이 절대적으로 요구되고 있다.

우리나라도 최소한 先進諸國과 같이 火力發電의 30% 이상을 熱併合發電方式을 채택되도록 조속히 그 대책을 수립 추진하여야 한다.

따라서 첫째, 熱併合發電 建設業체의 長期低利 融資, 設備輸入時의 關稅免除, 特別減價償却 등 금융 및 稅制上的 지원이 필요하며,

둘째, 技術支援의 확충과 新設工場의 의무화

셋째, 副産電力에 대한 需用料金の 면제

넷째, 燃料油 공급의 우선과 차등제

다섯째, 電氣事業法上 문제점 개선과 熱併合發電器機의 국산화도 동시에 강력히 추진되어야 할 것이다.

